

**MONITORING TEGANGAN PADA PANEL HUBUNG BAGI TEGANGAN
RENDAH BERBASIS IOT**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ILHAM PRATOMO

D 400 160 016

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**MONITORING TEGANGAN PADA PANEL HUBUNG BAGI TEGANGAN
RENDAH BERBASIS IOT**

Oleh:

ILHAM PRATOMO

D 400 160 016

Telah diperiksa dan di setujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Dedi Ari Prasetya

NIK. 982

HALAMAN PENGESAHAN

**MONITORING TEGANGAN PADA PANEL HUBUNG BAGI TEGANGAN
RENDAH BERBASIS IOT**

OLEH

ILHAM PRATOMO

D400160016

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Kamis, 30 Januari 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Dedi Ari Prasetya, S.T., M.Eng
(Ketua Dewan Penguji)
2. Dr. Ratnasari Nur Rohmah
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Pratomo Budi S. M.T
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM

NIK.0630126302

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 30 Januari 2020

Penulis



ILHAM PRATOMO

D400160016

MONITORING TEGANGAN PADA PANEL HUBUNG BAGI TEGANGAN RENDAH BERBASIS IOT

Abstrak

Energi listrik di zaman modern ini telah cepat berkembang sejak pertama kalinya ditemukan. Energi listrik tidak hanya sebagai kebutuhan tetapi juga sebagai penelitian. Mengingat banyaknya kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan oleh pelanggan membuat pihak PLN (Perusahaan Listrik Negara) harus melakukan pembangunan-pembangunan sistem pembangkitan, distribusi dan penyaluran. Pada setiap sistem terdapat jaringan yang terdiri dari bagian pembangkit dan bagian penyalur yang berupa perlengkapan tenaga listrik yang terpasang pada setiap gardu, baik itu gardu induk maupun gardu distribusi. Kegiatannya mencakup pengaturan, pemindahan, pembagian serta penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen. Gardu distribusi yang merupakan sarana penyaluran tenaga listrik dari PLN kepada konsumen. Dengan tegangan primer 20 kV yang kemudian diubah oleh trafo menjadi tegangan sekunder 280 V (antar fasa) atau 220 V (fasa-netral). Pada penelitian ini yang menjadi fokus peneliti yaitu upaya menanggulangi gangguan pada Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR). Penyebab terjadinya gangguan pada PHB-TR antara lain seperti beban yang berlebihan, *NH Fuse* putus dan *Fuse Base* rusak. Tidak bisa dihindari lagi penyebab gangguan pada lapangan selama ini terjadi karena hal-hal tersebut. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kesetimpangan beban dan kerja efektif pada trafo dapat terpantau, serta manfaatnya yaitu dapat memberi perawatan yang sigap dan tepat pada trafo dengan melakukan monitoring secara *real-time* menggunakan sensor ZMPT101b berbasis IoT. Alat ini menggunakan sensor yang langsung terpasang secara paralel dengan 3 *phase* yang berbeda, data yang disampling oleh sensor akan dibaca dan diolah oleh ESP32s yang terhubung ke internet kemudian data akan langsung dikirim ke *platform* Antares dan jika terjadi drop atau over tegangan maka ESP32s ini akan langsung dapat mengirimkan notifikasi ke telegram dengan batasan yang ditentukan. Untuk penggunaan paket internet selama 24 jam sebagai pengiriman data dari ESP32s ke *platform* Antares serta untuk pengiriman notifikasi ke telegram, ESP32s ini memerlukan sekitar 960 Mb dalam kurun waktu 24 jam. Nilai rata-rata *error* yang diketahui selama masa pengujian yaitu sekitar 0,4%, nilai ini hampir mendekati angka nol.

Kata Kunci: IoT, Panel, Panel Hubung Bagi, PHBTR, Monitoring.

Abstract

Electrical energy in this modern era has been growing rapidly since it was first discovered. Electrical energy is not only a necessity but also research. Considering a large amount of electricity needed by customers, the National Electric Company (PLN) must carry out the construction, distribution and distribution systems. In each system, there is a network consisting of parts of generators and parts of suppliers in the form of the electric power equipment installed in each substation, both the substation and distribution substations. Its activities include the regulation, transfer, distribution, and distribution of electrical energy from the power plant to consumers. Distribution substation is a means of channeling electricity from PLN to consumers. With a primary voltage of 20 kV which is then converted by a transformer to a secondary voltage of 280 V (interphase) or 220 V (phase neutral). In this study, the focus of researchers to overcome interference in the Panel for Low Voltage Connectors (PHB-TR). The causes of interference with PHB-TR

include, among others, excessive load, NH Fuse broke and Fuse Base is damaged. Inevitably the causes of disruption in the field have been happening because of these things. Therefore, the purpose of this study is to find out the inequality of load and effective work on the transformer can be monitored, as well as the benefits of being able to provide care swiftly and precisely on the transformer by conducting real-time monitoring using ZMPT101b sensors based on IoT. This tool uses sensors that are directly installed in parallel with 3 different phases, the data sampled by the sensor will be read and processed by ESP32s connected to the internet then the data will be sent directly to the Antares platform and if a drop or overvoltage occurs, these ESP32s will immediately be able to send notifications to telegrams with the specified restrictions. To use 24-hour internet packages as data transmission from ESP32s to the Antares platform and for sending notifications to telegrams, these ESP32s require around 960 Mb within 24 hours. The average known error value during the testing period is around 0.4%, this value is almost close to zero.

Keywords: IoT, Panel, divider panel, PHBTR, Monitoring.

1.PENDAHULUAN

Energi listrik di era moderen telah berkembang sangat pesat sejak pertama kali di temukan. Energi listrik bukan hanya sebagai kebutuhan tetapi juga sebagai penelitian. Mengingat banyaknya kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen membuat pihak PLN (Perusahaan Listrik Negara) harus melakukan pembangunan-pembangunan sistem pembangkitan, penyaluran dan distribusi. Setiap sistem terdapat jaringan yang terdiri dari unit pembangkit dan unit penyalur yang berupa perlengkapan tenaga listrik yang terpasang pada setiap gardu, baik itu gardu induk maupun gardu distribusi. Kegiatannya mencakup pengaturan, pemindahan, pembagian serta penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen. Gardu distribusi yang merupakan sarana penyaluran tenaga listrik dari PLN kepada konsumen. Dengan tegangan primer 20 kV yang kemudian diubah oleh trafo menjadi tegangan sekunder 380 V (antar fasa) atau 220 V (fasa-netral). Pada penelitian ini yang menjadi fokus peneliti yaitu upaya menanggulangi gangguan pada Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) dengan cara memonitoring.

Penyebab terjadinya gangguan pada PHB-TR antara lain seperti beban yang berlebihan, *NH Fuse* putus dan *Fuse Base* rusak. Tidak bisa dipungkiri lagi penyebab gangguan pada lapangan selama ini terjadi karena hal-hal tersebut. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kerja efektif pada trafo dan trafo dapat terpantau agar tidak terjadi *losses*, serta dapat memberi perawatan yang tepat pada trafo dengan melakukan monitoring secara *real-time* menggunakan sistem monitoring sensor ZMPT101b berbasis *IOT*. Untuk kepentingan pengukuran tegangan dilakukan untuk mengetahui apabila tiba tiba terjadi tegangan over atau tegangan drop. Dwianto Markus (2018) menuliskan bahwa arus netral itu timbul dikarenakan terjadinya ketidakseimbangan beban yang dapat menimbulkan *losses* (rugi-rugi). Oleh sebab itu

dibuatlah analisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan *losses* pada salah satu transformator distribusi di PT. PLN (Persero) Area Sorong. Gupta Amit (2011) menuliskan bahwa tidak ada *losses* yang muncul karena sifat variabel waktu *fluks* elektromagnetik melewati inti dan pengaturannya dipengaruhi jumlah kerugian. Karena trafo distribusi selalu kurang dalam pengawasan, mengingat juga jumlah jenis transformator dalam jaringan, jumlah *losses* semakin tinggi tetapi jenis kerugian ini disebabkan oleh fenomena histeresis dan arus *eddy*. Kerugian ini sebanding dengan frekuensi dan kerapatan *fluks* maksimum inti dan dipisahkan dari arus beban.

Sistem monitoring ini merupakan sistem yang digunakan untuk memonitoring tegangan secara *real-time* dengan menggunakan sensor ZMPT101b sebagai sensor tegangan yang dipasang pada 3 fasa di PHB-TR. Kemudian dari sensor yang berjumlah 3 sensor yang dipasang pada setiap fasa dan data yang didapat diolah oleh mikrokontroler ESP32s yang kemudian ditransmisikan melalui jaringan internet secara *real-time*.

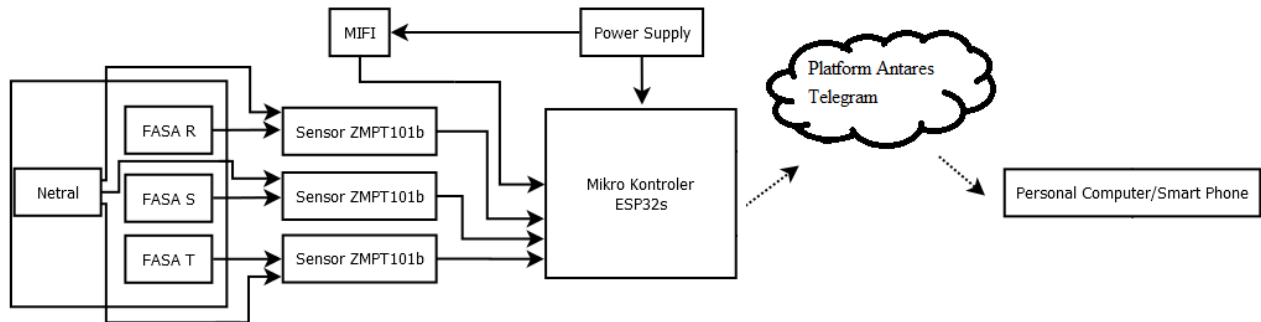
2. METODE

2.1. Alat dan Bahan

Pada pembuatan alat monitoring ini diperlukan beberapa alat penunjang, antara lain yaitu bor tangan, solder tembak, gerinda, personal computer, obat oles autan dan beberapa *tool* antarlain *micro controller* ESP32s, MIFI (modul *wifi* mini), 3 buah sensor ZMPT101b, PCB polos, kabel USB, kabel NYM, *pin header*, *box panel* dan *FeCl*.

2.2. Perancangan Sistem

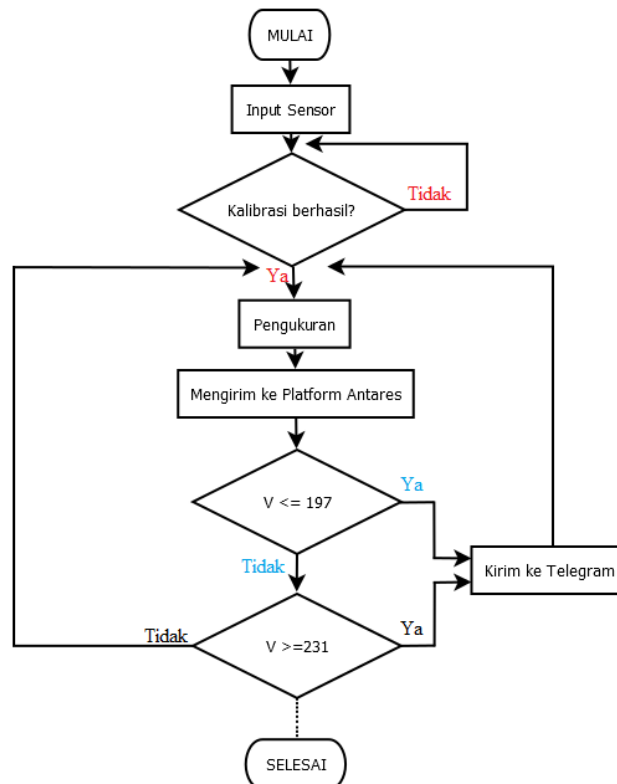
Pada perancangan sistem ini PHB-TR di rancang dengan menggunakan *micro controler* ESP32s yang dimana *controler* ini digunakan untuk pengendali utama, pengolah data serta sebagai pengirim data ke *platform* dan *telegram bot* yang sudah di sediakan. Untuk 3 sensor ZMPT101b ini masing-masing terhubung langsung dengan *phase* dan netral pada PHB-TR, sensor ini mengolah data dari masing-masing fasa pada PHB-TR yang kemudian akan diterima dan diolah oleh ESP32s. Untuk impedansi setiap sensor memiliki impedansi sekitar 0,2 m Ω . Jadi untuk impedansi total pada alat yaitu sekitar 0,6 m Ω , nilai ini didapat dari 3 sensor yang digunakan pada satu alat. Pada ESP32s ini sebelumnya harus terhubung terlebih dahulu dengan MIFI sebagai koneksi keinternet. Data tegangan yang diolah oleh ESP32s ini akan dikirim ke *Platform* dan juga dapat mengirimkan notifikasi ke *Telegram Bot* jika tegangan melebihi atau dibawah yang sudah di tentukan. *Platform* dan *Telegram Bot* ini dapat diakses dari kantor PLN dan petugas PLN dapat memantau tegangan *real time*. Dapat dilihat gambar 1. sistem perancangan alat.



Gambar 1. Perancangan Sistem

2.3. Flowchart

Untuk proses alur kerja alat telah diringkas dalam bentuk diagram *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 2. Flowchart

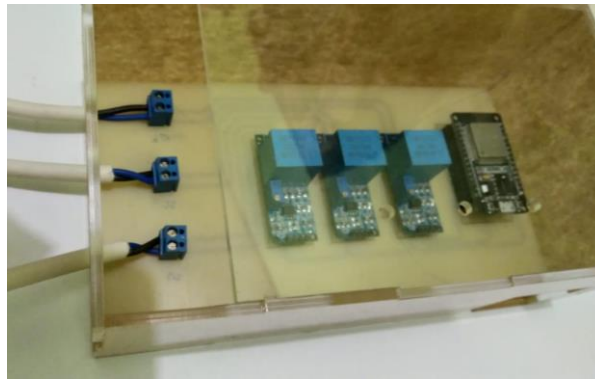
Dapat dilihat pada *flowchart* diatas dimana alat bekerja dengan pembacaan nilai sensor dan setelah itu nilai tersebut akan dikalibrasi, jika pengkalibrasian berhasil maka nilai sudah dapat digunakan untuk pengukuran yang selanjutnya nilai tersebut akan dikirim ke platform antares agar dapat diakses dan dimonitoring secara *real time*. Ketika nilai sensor tersebut melebihi atau kurang dari yang

ditentukan maka alat akan otomatis mengirimkan notifikasi ke telegram, dan jika tidak maka alat akan melakukan pengukuran terus menerus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Alat

PCB alat ini didesain dalam bentuk persegi panjang, dengan panjang kurang lebih 20 x 10 cm. Pada PCB terdapat komponen yang sudah di pasang dengan rapi dengan penempatan *T-Block* yang di pisah dari sensornya, serta ESP32s yang dipasang dengan bantuan *pin header* dan jadilah rangkaian pada PCB. Rangkaian ini dimasukkan pada *acrillic box* dengan panjang kurang lebih sekitar 20 x 10 x 7 cm. Dibagian depan dan samping *box* diberi pintu akses untuk bagian depan sebagai pintu akses kabel input kesensor, sedangkan pintu samping sebagai *supply* 5 volt untuk ESP32s. Gambar alat dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Desain Alat

3.2. Hasil Pengujian

3.2.1. Pengujian Nilai *Error* dan Notifikasi Telegram

Pengambilan data oleh sensor ZMPT101b diolah oleh ESP32s yang dimana data tersebut akan di tampilkan pada *platform* Antares. Adapun data yang ditampilkan antara lain Tegangan *phase* R, Tegangan *phase* S dan Tegangan *phase* T. Untuk nilai selisih dalam volt dapat dicari dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Selisih} = |\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Asli}| \quad (1)$$

Sedangkan untuk mencari nilai *error* dalam persentase dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$error = \frac{Nilai Asli - Nilai Sensor}{Nilai Asli} \times 100\% \quad (2)$$

Pengkalibrasian ketika dilakukan pada *ajustable voltage* ditegangan yang tinggi diubah ketegangan yang rendah nilai *error* semakin besar, begitupun sebaliknya. Untuk notifikasi di telegram hanya mengirimkan notifikasi ketika sensor mendeteksi tegangan dibawah sama dengan 197 volt dan tegangan diatas sama dengan 231 volt. Sedangkan untuk pengiriman data ke *platform* antares dilakukan secara *real time*, data ini diambil secara bersamaan ketika melakukan pengujian di lapangan.

Pengujian *error* dan notifikasi ini menggunakan *ajustable voltage* yang dimana penggunaanya pada setiap sensor. Pertama pengkalibrasian pada 3 titik, yaitu titik terendah sekitar 30 volt, titik tengah 200 volt serta titik tinggi 250 volt. Setelah pengkalibrasian *ajustable voltage* dapat diputar sesuai nilai yang sudah ditentukan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 1. Tabel hasil pengujian *error* pada nilai kalibrasi 30 volt

No	Nilai Sensor (Volt)	Nilai Asli (Volt)	Selisih (Volt)	<i>error</i> (%)
1	30	30	0	0
2	51	50	1	2
3	77	75	2	2,66
4	104	100	4	4
5	133	125	8	6,4
6	163	150	13	8,66
7	193	175	18	10,28
8	225	200	25	12,5
9	257	225	32	14,22
10	291	250	41	16,4
Rata-rata <i>Error</i>				7,7

Tabel 2. Tabel hasil pengujian *error* pada nilai kalibrasi 200 volt

No	Nilai Sensor (Volt)	Nilai Asli (Volt)	Selisih (Volt)	<i>error</i> (%)
1	26	30	4	13,3
2	46	50	4	8
3	69	75	6	8
4	96	100	4	4
5	119	125	6	4,8
6	145	150	5	3,3
7	172	175	3	1,7
8	200	200	0	0
9	228	225	3	1,3
10	260	250	10	4
Rata-rata <i>Error</i>				4,8

Tabel 3. Tabel hasil pengujian *error* pada nilai kalibrasi 250 volt

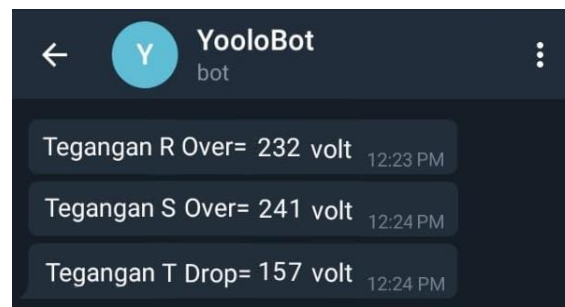
No	Nilai Sensor (Volt)	Nilai Asli (Volt)	Selisih (Volt)	<i>error</i> (%)
1	26	30	4	13,3
2	45	50	5	10
3	70	75	5	6,6
4	90	100	10	10
5	114	125	11	8,8
6	140	150	10	6,6
7	165	175	10	5,7
8	192	200	8	4
9	221	225	4	1,7
10	250	250	0	0
Rata-rata <i>Error</i>				6,6



Gambar. 4 Notifikasi telegram tegangan R drop



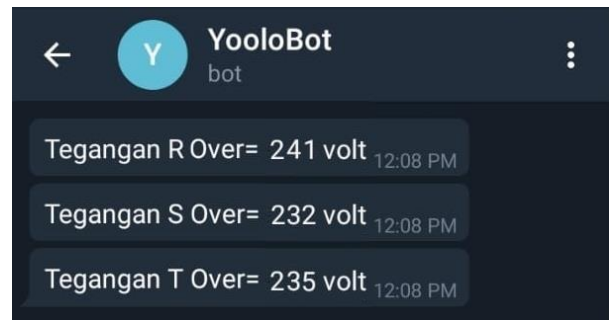
Gambar. 5 Notifikasi telegram tegangan S drop



Gambar. 6 Notifikasi telegram tegangan T drop



Gambar. 7 Notifikasi telegram tegangan R, S dan T drop



Gambar. 8 Notifikasi telegram tegangan R, S dan T over

Pada tabel 1 dilakukan kalibrasi pada titik terendah, yaitu pada 30 volt. Pada pengkalibrasian ini terdapat nilai *error* yang ketika *ajustable voltage* dinaikkan maka nilai *error* akan semakin tinggi, nilai *error* tertinggi yaitu 16,4% dan untuk rata-rata *error* mencapai nilai 7,7%.

Pada tabel 2 dilakukan kalibrasi pada titik 200 volt yang dimana memiliki *error* yang cukup kecil. Nilai *error* tertinggi berada pada 13,3% dengan rata-rata *error* 4,8%.

Pada tabel 3 dilakukan kalibrasi pada titik tertinggi, yaitu pada 250 volt. Untuk *error* tertinggi bernilai 13,3%. Nilai ini sama dengan nilai tertinggi pada tabel 2, namun untuk rata-rata *error* pada tabel 3 yaitu 6,7%.

Pada gambar 4 yaitu pengujian notifikasi yang dimana menggunakan keadaan drop pada tegangan R, dapat dilihat juga pada gambar 5 yang merupakan pengujian disaat tegangan S dalam keadaan drop dan pada gambar 6 dimana keadaan tegangan T ketika dalam keadaan drop. Pengujian notifikasi dalam keadaan dimana semua dalam kondisi drop dapat dilihat pada gambar 7, sedangkan pada gambar 8 merupakan keadaan dimana semua tegangan dalam kondisi over.

3.2.2. Pengujian Alat pada PHBTR di Lapangan

Dalam pengambilan data yang pertama dilakukan sebelum dilakukannya pengukuran pada panel yaitu mengkalibrasi semua sensor dengan tegangan pada panel. Pemasangan yang dilakukan yaitu menghubungkan satu kabel input dari setiap sensor ke *phase* R, S dan T serta menghubungkan satu inputan yang lain dari semua sensor ke netral. Untuk data yang akan diambil dan ditulis antara lain nilai dari sensor, multimeter serta nilai *error*. Multimeter disini berfungsi sebagai pembanding karena pada PHBTR tempat pengujian tidak terdapat volt meter. Data dapat dilihat pada tabel 4 dan untuk gambar tampilan di *platform* Antares dapat dilihat pada gambar 9.

Tabel 4. Data Pengujian di Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah PT. PLN APJ Semarang Timur

No	Phase R				Phase S				Phase T			
	Nilai Sensor (Volt)	Nilai Asli (Volt)	Selisih (Volt)	error (%)	Nilai Sensor (Volt)	Nilai Asli (Volt)	Selisih (Volt)	error (%)	Nilai Sensor (Volt)	Nilai Asli (Volt)	Selisih (Volt)	error (%)
1	223	223	0	0,11	222	221	1	0,6	223	224	1	0,4
2	222	223	1	0,4	221	221	0	0,01	224	224	0	0,4
3	222	223	1	0,4	220	221	1	0,4	222	224	2	0,8



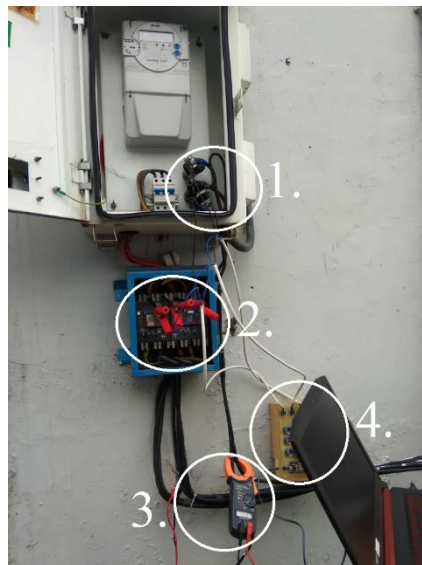
Gambar. 9 Tampilan pada platform Antares ketika Pengujian di Lapangan

3.3. Pembahasan

Pada pengujian *error* tabel 1, 2 dan 3 yang dimana tabel 1 memiliki rata-rata *error* sebesar 7,7%, tabel 2 memiliki rata-rata *error* sebesar 4,8% sedangkan tabel 3 memiliki rata-rata *error* sebesar 6,7%. dari data tersebut diatas maka penggunaan kalibrasi untuk pengukuran secara langsung di lapangan menggunakan metode pada tabel 2, yang dimana pengambilan nilai ditegangan tengah sehingga *error* yang dihasilkan cukup kecil.

Pada pengujian dilakukan sesuai prosedur dengan rata-rata *error* sekitar 0,4%. pengiriman data ke *platform* disaat pengujian dengan jeda waktu pengiriman 5 detik.

Untuk notifikasi pada tegangan ketika tegangan kurang dari sama dengan 197 volt maka notifikasi yang diterima ditelegram adalah Tegangan Drop, ketika nilai tegangan lebih dari sama dengan 231 volt maka notifikasi yang diterima oleh telegram adalah Tegangan Over. Penggunaan notifikasi sudah sesuai apa yang diharapkan, dengan penampilan nilai drop atau nilai over pada notifikasi dapat mempermudah pengguna untuk mengambil langkah yang tepat, dan untuk data paket internet yang digunakan selama 1 jam yaitu sekitar 40 Mb, jika dihitung dalam 1 hari maka paket data internet yang dibutuhkan sekitar 960 Mb.



Keterangan :

1. Netral
2. *Phase* R, S dan T
3. Multimeter
4. Alat pengukur

Gambar 10. Dokumentasi pengujian lapangan

Pengukuran tegangan ini didampingi oleh dua petugas PLN profesional dari PT. PLN APJ Semarang Timur. Untuk pemasangan yaitu pertama kali menyambungkan input dari setiap sensor pada netral, selanjutnya pemasangan pada setiap *phase* setelah itu dapat dilakukan pengukuran yang sebelumnya dilakukan pengkalibrasian terlebih dahulu.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

- 1) Dari hasil yang sudah ada, dapat disimpulkan bahwa alat dapat bekerja di lapangan dengan yang diharapkan.
- 2) Alat sudah siap diterapkan di lapangan karena alat ini tidak mengganggu dan tidak memakan ruang yang banyak, petugas PLN tetap bisa melakukan perawatan tanpa harus melepas alat ini.
- 3) Ketika pengujian di lapangan, sensor bekerja dengan sesuai yang diharapkan dengan luaran *error* yang diketahui cukup kecil, sehingga nilai hampir mendekati benar.

- 4) Nilai *error* yang dihasilkan akan semakin besar jika terjadi perubahan yang besar pada tegangan dan untuk pengkalibrasian dilakukan ditegangan standar PLN agar alat bekerja dengan baik.

4.2. Kritik dan Saran

1. Untuk pengkalibrasian belum bisa secara otomatis.
2. Penggunaan data internet masih terlalu besar.
3. Semoga dapat dilanjutkan dan dikembangkan oleh adik tingkat.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah pujisyukur penulis panjatkan kepada Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberikan segala kelancaran dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul "Monitoring Tegangan Pada Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah Berbasis IoT". Ucapan terimakasih penulis persembahkan kepada.

1. Kedua orang tua yang telah memotivasi dan mendo'akan setiap saat.
2. Dosen pembimbing yaitu Bapak Dedi Ari Prasetya yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Teman-teman Teknik Elektro, Asisten Lab serta teman-teman Teknik Elektro angkatan 2016 yang memberikan motivasi dan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- Moh. Dahlan, 2009, Akibat Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Transformator Distribusi, eprint.umk.ac.id.
- Pamujo Tri (2014), Pemeliharaan Trafo Pada Sistem Distribusi Tegangan Listrik PT. PLN (Persero) Area Cikokol.
- Sentosa, dkk, 2006, Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi PT. PLN (Persero) Surabaya, puslit.petra.ac.id.
- Tri Watiningsih, 2012, Pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada trafo distribusi, ejournal.unwiku.ac.id.
- Gupta Amit (2011) *Computation Of Transformer Losses Under The Effects Of Nonsinusoidal Crrents*